

УДК 621.22

АВРУНИН Г.А., к.т.н., доцент, ХНАДУ

САМОРОДОВ В.Б., д.т.н., профессор НТУ «ХПИ»

ДЕРКАЧ О.И., инж, НТУ «ХПИ»

МИРОШНИЧЕНКО Н.В., инж, НТУ «ХПИ»

ТКАЧЕВ О.Ю., магистр, НТУ «ХПИ»

АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ НОМЕНКЛАТУРЫ ОБЪЕМНЫХ ГИДРОМАШИН ОАО «ПНЕВМОСТРОЙМАШИНА»

Розглянуто шляхи розвитку та сучасну номенклатуру виробництва об'ємних гідромашин ВАТ «ПНЕВМОСТРОЙМАШИНА» (м. Єкатеринбург)

Введение. Технический прогресс объемного гидропривода (ОГП) проявляется в непрерывном расширении его возможностей путем приобретения гидрофицированными машинами и механизмами более прогрессивных свойств и характеристик, таких как энергоемкость (отношение массы или габаритов к выходной мощности), КПД, реализация режимов энергосбережения, надежность, быстродействие и точность позиционирования, функционирование в критических эксплуатационных условиях и др. Поэтому систематизация и анализ достижений и проблем современного ОГП должны оказать влияние на формирование актуальных задач для отечественных конструкторов и ученых в области ОГП, откроют для потребителей более широкие возможности подбора гидрооборудования, и, безусловно, будут являться стимулом для развития отечественной конкурентоспособной промышленности.

Анализ последних достижений и публикаций. В работах [1-4] рассмотрен технический уровень современных аксиальнопоршневых гидромашин передовых мировых фирм, развитие их производства в бывшем СССР и дан анализ продукции ведущего в Украине предприятия ОАО «Гидросила» (г. Кировоград). Аксиальнопоршневые гидромашин получили наиболее широкое распространение в ОГП различных машин и механизмов для стационарного и мобильного применения и занимают лидирующие позиции в мире по техническому уровню и номенклатуре насосов и быстроходных гидромоторов.

Цель и постановка задачи. Целью настоящей статьи является анализ развития конструкций и технического уровня аксиальнопоршневых гидромашин производства ОАО «Пневмостроймашина» (г. Екатеринбург, Российская Федерация)

Основная часть. ОАО «Пневмостроймашина» (далее компания ПСМ или созданный в 2005г. бренд «PSM-HYDRAULICS») является российским лидером в конструировании, производстве и продаже аксиальнопоршневых гидромашин и гидроаппаратуры. Доля предприятия численностью в 2000 человек на рынке объемных гидроприводов составляет более 80% при годовом объеме производства гидромашин более 90 тыс. шт. На мировом рынке производства аксиальнопоршневых машин доля ПСМ составляет более 2,5%. По качеству выпускаемых гидромашин ПСМ опе-

режает рынок России и приближается к ведущим западным предприятиям. Продукция PCM применяется более чем на 500 видах техники во всех отраслях машиностроения. Основой успешной производственной деятельности предприятия стали накопленный за многие годы инженерный потенциал и постоянное внедрение новой техники и технологии. За последние годы общий объем инвестиций в техническое перевооружение предприятия составил более 50 млн. долларов США. Благодаря этому изготовление современных гидромашин осуществляется на высокоточном и высокопроизводительном оборудовании ведущих мировых станкостроителей: "OKUMA", "MAZAK", "KITAMURA", "RAINIKER", "MIKROMAT", "SUNNEN", "TRIPET", "MORRI-SEIKI", "TSCHUDIN", "STAR", "EMCO", "MEGATEK", "TECHTRADE CARIF", "CADIA", "ROLAND SINGER", "STAHLI", "ESTARTA" и "IVA". Одним из важных стратегических направлений деятельности PCM является улучшение работы с российскими машиностроительными предприятиями и удовлетворение спроса зарубежных потребителей объемных гидромашин и гидроаппаратуры. Функционирующая на PSM-HYDRAULICS система стратегического партнерства с постоянными потребителями позволяет четко отслеживать происходящие в действительности изменения и тенденции развития рынка, более оперативно реагировать на запросы клиентов. В связи с этим PCM постоянно занимается открытием региональных представительств и сервисных центров, в том числе и в Украине. Стратегической целью ОАО «Пневмостроймашина» является интеграция в мировую экономику благодаря активному выходу на международные рынки объемных гидромашин при сохранении лидирующих позиций на внутреннем рынке.

В настоящее время ОАО «Пневмостроймашина» имеет в производственной программе несколько серий аксиальнопоршневых гидромашин с наклонным блоком цилиндров НБ и наклонным диском (шайбой) НД (табл. 1). В табл. 2 приведены шифры объемных гидромашин PCM, которыми потребители могут заменить аналогичные изделия компании «Rexroth Bosch Group» (ФРГ) [6].

1. Насосы и гидромоторы с постоянным рабочим объемом серии 310 имеют конструктивную схему с наклонным блоком цилиндров. Серия гидромашин 310.4 имеет повышенное до 40 МПа максимальное давление.

2. Насосы и гидромоторы с постоянным рабочим объемом серий 411 и 410, соответственно, имеют конструктивную схему с наклонным блоком цилиндров, номинальное давление 32 МПа, пиковое 45 МПа. Гидромоторы серии 410 комплектуются встраиваемыми предохранительно-антикавитационными клапанами, байпасным клапаном (шунтирующим вентилем) для объединения полостей гидромотора и подпиточными клапанами.

3. Насосы с регулируемым рабочим объемом серии 313 имеют конструктивную схему с наклонным блоком цилиндров и обеспечивают нереверсивную и переменную по значению подачу рабочей жидкости (РЖ) к гидромотору.

Насосы имеют ряд исполнений регуляторов:

- с ручным механизмом вращательного движения (маховиком);
- с электрогидравлическим пропорциональным управлением на базе пропорционального электромагнита, обеспечивая линейную зависимость изменения рабочего объема от управляющего электрического сигнала;
- гидравлическое позитивное и негативное управление, обеспечивающие увеличение и уменьшение рабочего объема при повышении значения управляющего сигнала с помощью внешнего клапана давления, соответственно;

- гидравлическое позитивное пропорциональное управление, обеспечивающие увеличение рабочего объема при повышении значения управляющего сигнала с помощью внешнего клапана давления, и клапаном отсечки (сброса давления в линии управления при заданном значении давления настройки клапана отсечки в линии нагнетания насоса, при котором рабочий объем насоса снижается автоматически до минимального);

- с постоянным перепадом давлений (LS – чувствительным к нагрузке), обеспечивающим постоянный перепад давлений на кромке LS гидрораспределителя путем регулирования подачи насоса аналогично автоматическому регулятору потока;

- с постоянным перепадом давлений (LS – чувствительным к нагрузке), обеспечивающим постоянный перепад давлений на кромке LS гидрораспределителя путем регулирования подачи насоса аналогично автоматическому регулятору потока, и клапаном отсечки, ограничивая давление в ОГП путем регулирования подачи насоса на режимах с высокими давлениями и малыми подачами РЖ (например, при выдвижении поршня гидроцилиндра до упора);

- с регулятором постоянного давления, обеспечивающим постоянство давления в ОГП на режиме срабатывания регулятора (подача насоса снижается до минимального значения, компенсирующего только утечки РЖ в насосе);

- с регулятором постоянства мощности путем уменьшения подачи при росте давления и наоборот;

- с регулятором постоянства мощности, значение которой может варьироваться путем гидравлического позитивного управления рабочим объемом насоса;

- с регулятором постоянства мощности, значение которой может варьироваться путем гидравлического негативного управления рабочим объемом насоса (при увеличении давления управления мощность насоса снижается);

- с регулятором постоянства мощности, значение которой может варьироваться путем гидравлического позитивного управления рабочим объемом насоса и механическим ограничителем верхнего предела мощности;

- с регулятором постоянства мощности, значение которой может варьироваться путем гидравлического позитивного управления рабочим объемом насоса, механическим ограничителем верхнего предела мощности и клапаном отсечки в линии управления;

- с регулятором постоянства мощности, значение которой может варьироваться путем гидравлического позитивного управления рабочим объемом насоса, механическим ограничителем верхнего предела мощности и блоком постоянного перепада давлений (LS) в линии управления.

4. Гидромоторы с регулируемым рабочим объемом серии 303 с наклонным блоком цилиндров имеют следующие исполнения регуляторов:

- с регулятором ручного (механического) действия;
- с гидравлическим негативным пропорциональным управлением, обеспечивающим максимальный рабочий объем гидромотора при отсутствии сигнала управления и уменьшающий рабочий объем при повышении давления управления до 2 МПа с помощью внешнего гидроклапана давления;

- с двухпозиционным регулятором на основе двухпозиционного трехлинейного гидрораспределителя с электромагнитным управлением, подача электропитания на катушку которого приводит к снижению рабочего объема до минимального значения;

- с регулятором давления, автоматически обеспечивающим уменьшение рабочего объема и частоты вращения при достижении давления в ОГП значения настройки

регулятора 5...25 МПа. Изменение частоты вращения реализуется в диапазоне регулирования по давлению порядком 1 МПа;

- с регулятором давления по гиперболе, обеспечивающим достаточно широкий диапазон изменения рабочего объема и частоты вращения в зависимости от давления нагнетания в ОГП;

- с регулятором давления по гиперболе, обеспечивающим достаточно широкий диапазон изменения рабочего объема и частоты вращения в зависимости от давления нагнетания в ОГП, и управляемый оператором с помощью гидроклапана давления (до 4 МПа) независимо от значения давления в ОГП;

- с регулятором прямого (непосредственного) управления путем подачи давления в одну полостей из силового гидроцилиндра с помощью внешнего гидроклапана (гидроклапанов) давления.

Гидромоторы серии 303 комплектуются встраиваемым блоком «прополаскивания» (промывки) и предохранительно-антикавитационными клапанами.

Таблица 1 - Номенклатура, давление и КПД аксиальнопоршневых гидромашин ОАО «Пневмостроймашина» (г. Екатеринбург) и «Гидросила» (г. Кировоград)

Серия гидромашин, тип	Рабочий объем, см ³	Давление, МПа	КПД		
			η	η_i	η_{ai}
1. Насосы и гидромоторы нерегулир., НБ, 310.2(3;4)	12...250(8)	20/35/40-3 20/40/45-4	0,91	0,95	0,96
2. Насосы (411) и гидромоторы (410) нерегулир., НБ	56 и 107	32/40/45	0,91	0,95	0,96
3. Насосы регулир., НБ, 313.2(3)	12...160(8)	20/35	0,9	0,95	-
4. Гидромоторы регулируемые, НБ 303.2(3;4)	28...160(6)	20/35/40-3 20/40/45-4	0,9	0,95*	0,95
5. Гидромоторы регулир., НБ, 303.4 с электромагн. пропорциональным управлением	56...160(3)	20/40/45	-	-	-
6. Насосы регулир., НД, 416.0.	71...125(4)	25/40/45	0,97*	0,95	0,98*
7. Гидромоторы нерегул., НД, 406.0	71...125(4)	25/40/45	0,86*	0,95	0,9*
8. Насосы регулируемые НП (для ГСТ), НД	33...112 (4)	23...27/ 36...42	0,85... 0,87	0,95	-
9. Гидромоторы нерегул. МП (для ГСТ), НД	33...112(4)	23...27/ 36...42	0,85... 0,87	-	0,88

Примечание: 1. Производители гидромашин: 1...7 – ОАО «Пневмостроймашина», 8 и 9 – ОАО «Гидросила»; 2. НД – гидромашин с наклонным диском, НБ – с наклонным блоком цилиндров; 3. Приведены номинальные, максимальные и пиковые значения давления; 4.*) значения получены расчетным путем по данным технических характеристик в каталогах

5. Аксиальнопоршневые гидромоторы с регулируемым рабочим объемом серии 303.4 оснащены следящей системой электрического пропорционального управления, обеспечивающей уменьшение рабочего объема пропорционально току управления на магните.

Таблица 2 – Рекомендуемые замены гидромашин «Rexroth Bosch Group» на гидромашину производства ПСМ [6]

Обозначение гидромашин ПСМ	Обозначение и тип гидромашин «Rexroth BoschGroup»	Рабочий объем, см ³	Максимальная частота вращения, мин ⁻¹
310...12...210.12...	A2FO12	11	6000
310.28...	A2FO28	28	4750
303.28...	A6VM28	28	8000
303.28...	A7VO28	28	3150
310.56...	A2FO55	56	3750
313.56...313.55...	A7VO55	55	2500
303.56...303.55...	A6VM55	55	6300
310...112...	A2FO107	110	3000
303.112...303.107...	A6VM107	110	5000
313.112...313.107...	A7VO107	110	2000
310.3.160...	A2FO160	160	2650
303.3.160...	A6V160	160	4500
303.3.160...	A7VO160	160	1750
333...56...333...55...	A8VO55	55+55+12	2500
333...112...333...107...	A8VO107	110+110+12	2000
333...160...	A8VO160	160+160+12	1750

6. Аксиальнопоршневые регулируемые насосы серии 416 имеют конструкцию с наклонным диском, торцовым распределительным узлом и задней опорой скольжения вала. Наклонный диск установлен на двух роликовых подшипниках в корпусе насоса. В задней крышке насоса устанавливаются героторный насос подпитки и управления, клапан давления системы подпитки, предохранительно-подпиточные (антикавитационные) клапаны основных магистралей, клапан отсечки (cut off) или сброса давления в линии управления наклонным диском при достижении близкого к максимальному давлению в одной из основных магистралей. Возможна комплектация насоса встроенным фильтром. Насосы обеспечивают изменение направления подачи РЖ (реверсирование) в зависимости от положения наклонного диска.

Насосы оснащены следующими механизмами регулирования рабочего объема:

- пропорционального сервоуправления (Р) с ручным (мускульным) приводом следящего золотника;
- гидравлического управления с помощью внешних редуцированных гидроклапанов, обеспечивающих регулирование положения следящего золотника или непосредственно силового гидроцилиндра перемещения наклонного диска (опции HD – с обратной связью, НР – без обратной связи, соответственно);
- дискретного электроуправления, обеспечивающего с помощью трехпозиционного гидрораспределителя с дискретными электромагнитами три значения подачи насоса (опции Е1 и Е2 в зависимости от напряжения 12 и 24В, соответственно);
- пропорционального электрического управления с обратной связью и без обратной связи, в том числе на напряжение питания электромагнитов на 12 и 24В (опции Е3...Е6).

7. Аксиальнопоршневые гидромоторы с постоянным рабочим объемом серии 406 имеют конструктивную схему с наклонным диском (НД), торцовым сферическим распределителем, задней опорой вала на подшипнике скольжения. Корпус гидромотора выполнен из чугуна, стальной блок цилиндров имеет бронзированную сферическую поверхность. Гидромотор может комплектоваться промывочным золотниковым гидрораспределителем, клапаном давления системы подпитки, предохранительными клапанами защиты от перегрузок основных магистралей ОГП и датчиком (преобразователем) частоты вращения.

Изменение скорости движения мобильных машин, оснащенных объемными гидромашинами с машинным регулированием, осуществляют двумя способами:

- путем вмешательства оператора на процесс регулирования рабочего объема гидромашин непосредственно ручным (мускульным), гидравлическим или электрогидравлическим воздействием на регулятор рабочего объема или посредством электронного блока управления (контроллера), обеспечивающего оптимальные режимы регулирования рабочего объема на основе анализа сигналов обратной связи о частотах вращения приводящего двигателя насоса и гидромотора, и перепаде давлений в ОГП;

- автоматически с помощью регулятора рабочего насоса, обеспечивающего постоянство выходной мощности гидромотора, насоса и приводящего двигателя.

Для первого способа характерны близкие к линейным зависимости изменения подачи насоса Q_i от положения его регулирующего органа (рис. 1,а): X – угла наклона ϕ ручки перемещения привода следящего золотника; давления управления редуцированным гидроклапаном p_o ; значения тока I на пропорциональных электромагнитах

$$Q_{i,i} = 10^{-3} V_{\delta i,i} \cdot n_i \cdot \eta_{ii} = 10^{-3} V_{\delta i} \frac{\delta - \dot{a}}{b - \dot{a}} \cdot n_i \cdot \eta_{ii}, \text{ л/мин}, \quad (1)$$

где $V_{\delta i}$ – максимальное значение рабочего объема насоса, см³,

$V_{\delta i,i}$ – текущее значение рабочего объема насоса, см³,

$a...b$ – зона управляющего мускульного или электрического воздействия на следящий золотник или давления на силовой гидроцилиндр регулятора насоса,

X – управляющее воздействие в диапазоне от a до b (диапазон от 0 до $\pm a$ является зоной нечувствительности),

n_i – частота вращения насоса (приводящего двигателя), мин⁻¹,

η_{ii} – коэффициент подачи насоса.

Таким образом, для регулятора с гидравлическим управлением значениями $a...b$ являются давления, создаваемые в полостях силового гидроцилиндра, для регулятора с электрогидравлическим управлением значениями $a...b$ являются электрические сигналы тока I или напряжения U для воздействия на пропорциональный электромагнит редуцированного клапана, для регулятора с мускульным управлением значениями $a...b$ являются отклонения тяги гидроусилителя следящего золотника ϕ . Значения давления управления, электрического сигнала или угла отклонения тяги приводятся поставщиками гидромашин, позволяя потребителю подобрать

соответствующую по характеристикам аппаратуру управления или кинематику механизма мускульного управления.

Частота вращения гидромотора с постоянным рабочим объемом изменяется пропорционально подводимому от насоса расходу РЖ

$$n_{i,i} = n_i \frac{V_{\delta i,i}}{V_{\delta i}} \eta_{i i} \eta_{i i} = n_i \frac{V_{\delta i}}{V_{\delta i}} \frac{x-a}{b-a} \eta_{i i} \eta_{i i}, \text{ мин}^{-1}, \quad (1)$$

где $V_{\delta i}$ – рабочий объем гидромотора, см³,

η_{oi} и η_{oi} – коэффициент подачи насоса и объемный КПД гидромотора, соответственно.

При экстремальных значениях $x=a$ и $x=b$ получаем нулевую и максимальную частоты вращения гидромотора

$$n_{i,i} = 0 \text{ при } x=a \text{ и } n_{i,i} = n_i \cdot \frac{V_{\delta i}}{V_{\delta i}} \cdot \eta_{oi} \cdot \eta_{oi} \text{ при } x=b. \quad (2)$$

При необходимости определения значения давления редуцирования на входе в силовой гидроцилиндр или значения электрического сигнала получим следующую зависимость

$$x = a + \frac{V_{\delta i} \cdot n_{i,i} \cdot (b-a)}{V_{\delta i} \cdot n_i \cdot \eta_{oi} \cdot \eta_{oi}}. \quad (3)$$

В регуляторе мощности насоса сигналом для соответствующего изменения гидравлической мощности является внешняя нагрузка на гидромотор, увеличение которой автоматически приводит к росту крутящего момента гидромотора, в связи с чем растет давление, развиваемое насосом, и снижается его подача до значения, при котором произведение давления на подачу остается постоянным (рис. 1,б). Снижение подачи насоса приводит, в свою очередь, к уменьшению частоты вращения гидромотора до значения, при котором произведение крутящего момента на частоту вращения сохраняется постоянным.

Характеристика автоматического регулятора типа «постоянства мощности» может быть записана в виде теоретического равенства (без учета потерь мощности в гидромашинах, трубопроводах и гидроаппаратуре)

$$P_i = \frac{Q_i \cdot p_i}{60} = P_i = \frac{\dot{I}_i \cdot n_i}{9550}, \text{ кВт}, \quad (4)$$

где P_i и P_i – мощность насоса и гидромотора, соответственно, кВт,

Q_i – подача насоса, л/мин,

p_i – давление, развиваемое насосом, МПа,

M_i – теоретический крутящий момент, развиваемый гидромотором, который определяют по формуле

$$M_i = 0,159 \cdot V_{\delta i} \cdot \Delta p, \text{ Н.м}, \quad (5)$$

где $V_{\delta i}$ – рабочий объем гидромотора, см^3 ,

Δp – перепад давлений, МПа,

n_i – частота вращения гидромотора, мин^{-1} .

Мощность насоса поддерживается постоянной

$$P_i = 10^{-3} \cdot 0,159 \cdot V_{\delta i, i} \cdot \Delta p_i \cdot n_i = \text{const}, \quad (6)$$

так как крутящий момент на его приводном валу автоматически поддерживается постоянным благодаря взаимному пропорциональному изменению рабочего объема и перепада давлений при постоянной частоте вращения приводящего двигателя

$$M_i = 0,159 \cdot V_{\delta i, i} \cdot \Delta p_i, \text{ Н.м}. \quad (7)$$

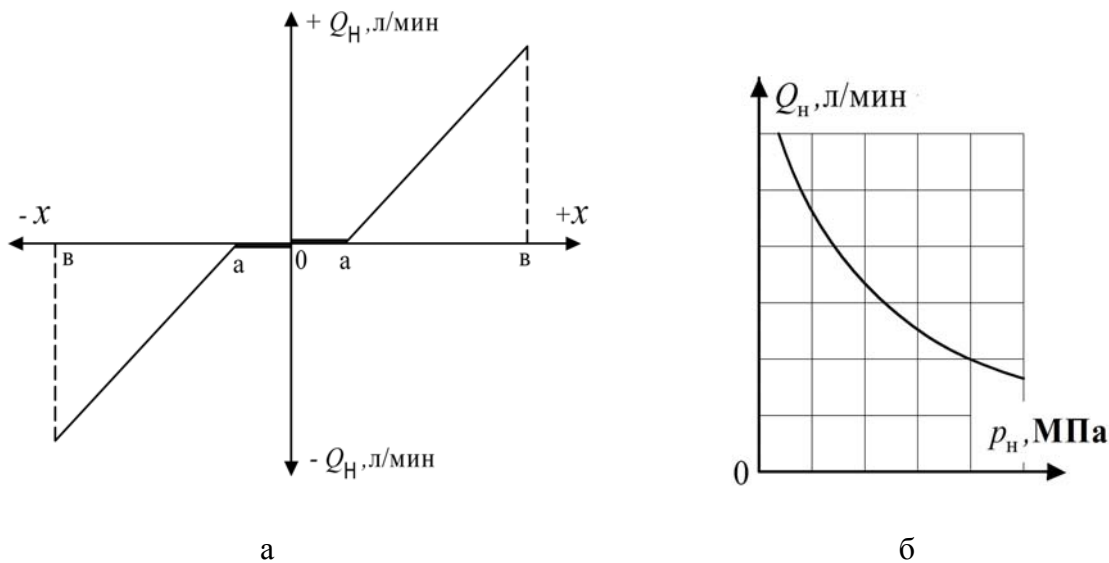


Рисунок 1 – Характеристики регуляторов изменения рабочего объема насосов:
а – следящего типа (зависимость изменения подачи насоса Q_i от управляющего сигнала X механизма регулирования); б – постоянства мощности (произведения подачи на давление)

ОАО «Пневмостроймашина» производят электронные усилители серии SU-A одноканального и двухканального типов для управления пропорциональными электромагнитами регуляторов рабочего объема гидромашин. Усилители построены на основе микропроцессора, настройка работы усилителя производится с помощью трех кнопок, расположенных на его лицевой стороне. Усилители преобразует входной слаботочный сигнал управления в выходной силовой ШИМ сигнал управления

электромагнитом регулятора рабочего объема гидромашины. Диапазоны входного сигнала 0...5В, 0...10В, 0...20мА или 4...20мА, значение выходного ШИМ сигнала и его частота выбираются при настройке усилителя. Например, при выборе входного сигнала 0...5В и выходного 0...2,3А усилитель будет изменять линейно выходной ток на пропорциональном электромагните при соответствии 5В входного сигнала 2,3А выходного сигнала. Значение частоты ШИМ может настраиваться в диапазоне 50...500Гц согласно рекомендациям производителя гидроустройства (предохранительного или редукционного клапана, дросселя или гидрораспределителя). Питание усилителей должно находиться в диапазоне 10...35В. Усилители имеют также возможность управления посредством потенциометра.

Усилители обеспечивают защиту цепи питания от короткого замыкания, от неправильного подключения и от воздействия одиночных импульсов перенапряжения до +170В продолжительностью до 300мс.

Усилители имеют три кнопки управления – «меню», «вверх» и «вниз».

Для индикации параметров усилитель снабжен жидкокристаллическим 3-х цифровым индикатором, обеспечивающим в процессе настройки отображение вспомогательной информации и при работе ОВП отображение значений входного или выходного сигнала в зависимости от настройки пользователем.

На рис. 2 и 3 представлены схемы подключения усилителей и вид на лицевую панель, в табл. 3 приведены технические характеристики усилителей серии SU-A

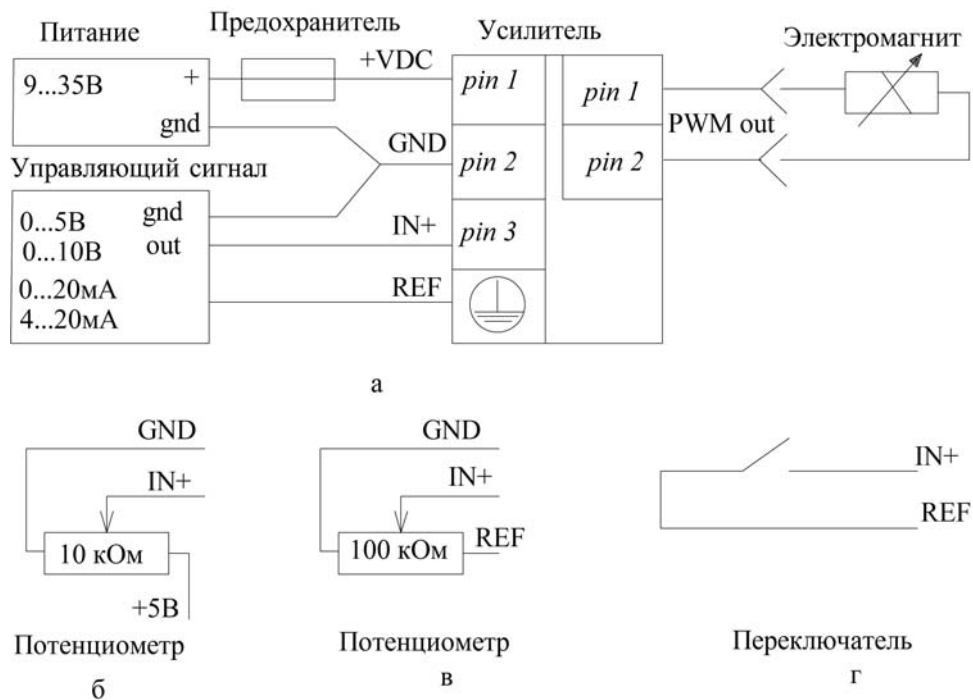


Рисунок 2 – Схемы подключения одноканального усилителя SU-A1: а - с внешним датчиком управляющего сигнала; б – с внешним источником питания + 5VDC (+10VDC) для потенциометра; в и г – с использованием встроенного источника +5VDC для питания потенциометра и дискретного управления, соответственно

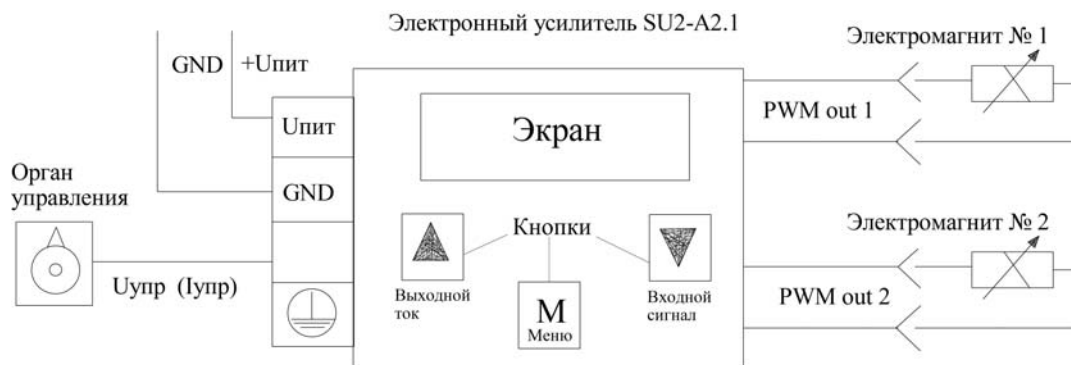


Рисунок 3 – Вид на лицевую панель и схема подключения двухканального усилителя SU-A2.1

При подключения питания на индикаторе отображается информация об уровне входного сигнала. При нажатии на кнопку «вверх» индикатор переключается на отображение текущего выходного тока. При нажатии на кнопку «вниз» индикатор переключается на отображение текущего входного сигнала. Отображение информации происходит в реальном времени.

Двухканальный усилитель SU-A2.1 предназначен для управления насосами с наклонным диском серии 416, обеспечивает обработку управляющих сигналов и вырабатывает силовой токовый сигнал на электромагниты. Усилитель устанавливается непосредственно на насосе. Индикатор предназначен для отображения в реальном времени информации при настройке усилителя и в процессе работы ОГП для отображения уровня входного или выходного сигналов. Настраиваемыми параметрами усилителя являются максимальный выходной ток, время линейного нарастания тока, частота следования импульсов ШИМ сигнала и выбор диапазона входного сигнала.

При наличии питания на усилителе можно путём нажатия кнопок "▲"-увеличивать или "▼"-уменьшать ток на выходе усилителя вне зависимости от значения управляющего сигнала, подаваемого в данный момент на усилитель, и остальных параметров. Такой режим позволяет, регулируя в ручном режиме выходной ток и контролируя производительность гидромашины, подобрать оптимальные настройки выходного тока.

Усилитель имеет следующие настройки:

- «тестовый сигнал»;
- «минимальный выходной ток», соответствующий минимальному значению входного сигнала и устанавливается в диапазоне 0... 3А;
- «время линейного нарастания выходного сигнала», устанавливаемое в диапазоне 0...99,9 с;
- «время линейного спада выходного сигнала», т.е. время, за которое уровень выходного сигнала уменьшится от максимального до минимального значения;
- «зона нечувствительности», позволяющая сдвигать начало работы усилителя до значения данного параметра. Выходной сигнал блокируется, если уровень входного сигнала меньше этого значения;
- «частота следования импульсов ШИМ сигнала», устанавливаемая в диапазоне 50 до 500 Гц;
- «выбор диапазона входного (управляющего) сигнала»;
- «ориентация индикатора».

Таблица 3 – Технические характеристики усилителей серии SU-A

Наименование параметра и размерность	Значение
Напряжение питания, В	9...35
Диапазон сигнала управления	0...5В; 0...10В; 0...20мА; 4...20мА
Входное сопротивление - для диапазонов 0...5В и 0...10В - для диапазонов 0...20мА и 4...20мА	100кОм 250 Ом
Опорное напряжение, В	5
Максимальный выходной ток, А	3
Диапазон частоты ШИМ, Гц	50...500
Время нарастания сигнала, с	0...99,9
Нелинейность, %	0,5
Степень защиты	IP67
Рабочая температура, °С	«минус» 40...+75
Габаритные размеры, мм	50х61х61
Масса, кг	0,175

Для выбора параметра, подлежащего изменению, необходимо нажать кнопку «меню». Нажимая кнопки «вверх» или «вниз» устанавливают необходимое значение параметра. Для изменения другого параметра вновь необходимо нажать кнопку «меню». Для сохранения установленных параметров нужно выбрать параметр и нажать кнопку «меню».

Для подключения электропитания к усилителю, смонтированному на пропорциональном электромагните, служит четырехштырьковый разъем.

Выводы

Анализ развития номенклатуры и технического уровня аксиальнопоршневых гидромашин предприятия ОАО «Пневмостроймашина» позволяет сделать вывод о возможности их использования в ряде случаев взамен аналогов ведущих западно-европейских фирм.

Список литературы: 1. *Свешников В.К.* Гидрооборудование: международный справочник. Номенклатура, параметры, размеры, взаимозаменяемость / *Свешников В.К.* – В 3-х кн. – М. : ООО «Ихд. Центр «Техинформ» МАИ». – Кн. 1 Насосы и гидродвигатели. – 2001. – 360 с. 2. *Аврунин Г.А.* Анализ технического уровня аксиально-поршневых гидро-машин / *Аврунин Г.А., Кириченко И.Г., Мороз И.И., Грицай И.В.* // Промислова гідравліка і пневматика. – 2008. – № 2 (20) – С.16-22. 3. Экспериментальные исследования потерь мощности в современных аксиально-поршневых гидромашинах для мобильной техники // Механіка та машинобудування / *Аврунин Г.А., Белый О.И., Кабаненко И.В. и др.* // Науково-технічний журнал. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2006. – № 1. – С. 80-87. 4. *Аврунин Г.А.* Обзор рынка гидрооборудования / *Аврунин Г.А.* // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2005. – №3. – С. 7-13. 5. PSM-Hydraulics Сегодня [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.psm-hydraulics.ru>. – 27.11.11. – С.1. 6. *Семенов В.Н.* ОАО «Пневмостроймашина» / *Семенов В.Н.* // Основные Средства. – 2000. – №5. – С. 2-10.